



Paris - 6 Juillet 92

4 1

1872

Physique

Colpene

Effets de la composition des vibrations
de même période. Exemples tirés de l'optique
et del acoustique.

Une vibration est définie par son amplitude
sa période et sa phase.

L'amplitude est le maximum d'écart que la
molécule peut subir par rapport à sa position
d'équilibre; la période est le temps qui sépare
les instants où la molécule croise de nouveau
dans la même position qu'à une époque prise.
Or cette la plus voisine et sur le même sens
la phase est un terme adjectif ou a la trans-
lation de cette la vibration initiale prise au
bout d'un certain temps de la production de
cette vibration. C'est une durée. Nous considérerons
ici une vibration simple, pendulaire; on peut
figurer au temps t sa vitesse par:

$$u = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

a est l'amplitude, ~~ou~~ u est
l'élongation ou distance au temps t de la
molécule à sa position d'équilibre; on voit
que $u = a$ et prend sa valeur maxima absolue
pour $t = 0$; $t = \frac{T}{2}$; $t = T$; $t = \frac{3T}{2}$ etc.
 T est la période c'est le temps où la
molécule se trouve avoir la même élongation
dans le même sens.

Si nous prenons un temps $= 0$ après l'in-
stant considéré nous aurons

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t - 0}{T} \right)$$

mais pendant ce temps θ ~~entre~~ la vibration que nous
supposons marcher uniformément dans le sens de
la direction avec une vitesse V aura parcouru
un espace $V\theta$. Pendant le temps T elle aurait
parcouru un espace VT et la vibration est
pu s'écrire

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + T \right)$$

$$\text{ou } a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + 1 \right)$$

u aurait repris la même valeur. Donc, toutes
les fois que l'ébranlement ou onde produit par
la vibration a parcouru un espace VT l'élonga-
tion reprend la même valeur; à cause de
cette propriété remarquable on pose souvent
 $VT = \lambda$ et on dit que λ est la longueur d'onde.
Si nous prenons l'équation

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \theta \right)$$

Nous pourrions écrire successivement

$$u = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\theta}{T} \right)$$

$$= a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{V\theta}{VT} \right)$$

$$= a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

en appelant x l'espace parcouru pendant le
temps θ . On appelle x ou α la phase (indiffé-
remment et on pose souvent $u = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \phi \right)$

Une autre vibration de même période pourra
donc s'écrire $u' = a' \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \phi' \right)$ car le temps
et si on rapporte la seconde à la première quand
 ϕ est nul on peut écrire

$$u = a \sin 2\pi t$$

t est absolument à notre disposition; il suffit de
partir en temps convenable.

La vitesse $v = \frac{du}{dt}$ vibratoire s'obtient en
prenant la dérivée: on a alors

$$v = a \frac{\lambda}{T} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi \right)$$

$$\text{et } v' = a' \frac{\lambda}{T} \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi' \right)$$

$$\text{et en posant } a \frac{\lambda}{T} = A$$

$$a' \frac{\lambda}{T} = A,$$

et augmentant les deux vibrations chacune de $\frac{n}{2}$ ce qui ne change que leur phase d'une même quantité on peut écrire finalement les deux vibrations sous les formes:

$$v = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi \right)$$

$$v' = A' \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi' \right).$$

Ce sont deux vibrations de cette sorte qu'il nous faut composer. Supposons les vibrations s'effectuant dans la même direction elles s'ajoutent algébriquement et l'on a: $V_{\text{résultante}} = v + v'$.

Nous savons d'autre part que l'intensité ou mieux l'énergie d'une vibration dans un milieu de masse m est par seconde $K \frac{m \alpha^2}{2}$ ou α est l'amplitude de la vibration.

Si nous voulons savoir l'intensité de l'effet vibratoire produit par la superposition de nos deux vibrations pendant il nous faut calculer l'amplitude de la vibration qui en résulte. Il suffit pour cela d'effectuer les opérations suivantes (Fresnel)

$$V = A \sin 2\pi \frac{t}{T} \cos^2 \varphi - A \cos 2\pi \frac{t}{T} \sin^2 \varphi \\ + A' \sin 2\pi \frac{t}{T} \cos^2 \varphi' - A' \cos 2\pi \frac{t}{T} \sin^2 \varphi'$$

$$\text{ou } \sin 2\pi \frac{t}{T} (A \cos^2 \varphi + A' \cos^2 \varphi')$$

$$+ \cos 2\pi \frac{t}{T} (A \sin^2 \varphi + A' \sin^2 \varphi')$$

$$\text{ou en posant } A \cos^2 \varphi + A' \cos^2 \varphi' = X \cos^2 \varphi, \quad (1)$$

$$\text{et } A \sin^2 \varphi + A' \sin^2 \varphi' = X \sin^2 \varphi, \quad (2)$$

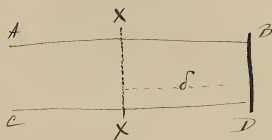
$$V = \sin 2\pi \frac{t}{T} \cdot X \cos^2 \varphi - \cos 2\pi \frac{t}{T} \cdot X \sin^2 \varphi,$$

$$= X \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \varphi \right)$$



Applications acoustiques.

Toutes les fois qu'une onde sonore arrive contre un plan résistant et peu flexible comme une muraille le fond en bois d'un tuyau d'orgue etc. elle s'y réfléchit et par conséquent s'ajoute ^{alors} à celle qui arrive directement.



Soit un tuyau fermé ABCD et considérons une onde telle que X a une distance δ du point d'origine: on a

$$v = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

pour celle qui revient et possède une vitesse contraire on a

$$-v_1 = A_1 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2\delta}{\lambda} \right)$$

δ étant la distance du plan XX au fond du tuyau. Pour plus de simplicité supposons $A = A_1$. Posons et portons ces valeurs dans l'équation 3 en faisant attention aux signes. Nous aurons

$$\mathcal{L}^2 = 2A^2 - 2A^2 \cos 2\pi \frac{2\delta}{\lambda}$$

Le signe moins étant amené par $-v_1$.

Donc si $\delta = 0$ c'est-à-dire au fond du tuyau nous aurons $\mathcal{L}^2 = 2A^2 - 2A^2 = 0$. Il n'y aura pas d'intensité c'est un nœud.

$$\text{Si } \delta = \frac{\lambda}{4} \text{ on } \cos 2\pi \frac{2\delta}{\lambda} = \cos 2\pi = -1$$

et $\mathcal{L}^2 = 4A^2$. L'intensité est quatre fois aussi grande que celle d'une seule vibration: c'est un ventre.

$$\text{Si } \delta = \frac{\lambda}{2} \text{ on a } \cos 2\pi \frac{2\delta}{\lambda} = \cos 4\pi = 1$$

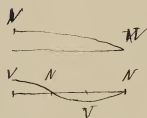
et $\mathcal{L}^2 = 0$ nouveau nœud.

et ainsi de suite on trouverait que deux nœuds consécutifs sont à distance de $\frac{\lambda}{2}$ et deux ventres aussi chacun de ces nœuds et des ces ventres étant

équidistant et située ^à $\frac{L}{2}$ de son voisin. On voit que dans une longueur ^{de} d'onde il y a 2 nœuds & 2 ventres.

L'expérience pratique de ceci fut faite par le colonel Savart. Il prit un gros timbre vibrant en face d'une muraille et pendit une corde allant normalement du timbre à la muraille. Ayant promené son oreille le long de la corde il remarqua qu'en certains endroits il se faisait entendre un bruit très intense, dans d'autres le silence était presque complet. C'étaient les nœuds. Ayant mesuré la distance d'un endroit silencieux à un autre il trouva qu'elle correspondait approximativement à une $\frac{1}{2}$ longueur d'onde du son émis par la cloche et mesura à la même. Le silence n'était pas absolu parce que A n'est pas rigoureusement égal à A₁. Le nœud est seulement un lieu de moindre bruit.

La théorie du nombre des vibrations données par un tuyau se déduit de là - Prenons sur la détermination qui exige que le fond d'un tuyau fermé soit un nœud et l'ouverture un ventre. On voit que puisque la distance d'un nœud et d'un ventre



est $\frac{\lambda}{4}$ on aura comme plus grande

$$\text{valeur de } L \quad L = \frac{\lambda}{4} = \frac{V}{4N}$$

$$\text{ou } N = \frac{V}{4L}$$

$$\text{puis } L = \frac{3\lambda}{4} \text{ ou } N_1 = \frac{3V}{4L} \text{ etc}$$

Les sons successifs sont 1. 3. 5. 7 etc.

On voit dans quelle mesure celle des tuyaux ouverts se déduit de là.

Une autre expérience qui mérite d'être signalée est celle-ci. Deux tuyaux organes donnant l'uniforme sont placés sur la même soufflerie. On les fait vibrer ensemble. On n'entend aucun son ou à peine des harmoniques plus aigus. Que s'est-il passé? Soit les deux tuyaux ont comme on dit mis l'un sur l'autre une différence de phase de $\frac{1}{2}$ longueur

D'onde. De sorte que si $v = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$
 on a $r_1 = a \sin \left(2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{R_1}{\lambda} \right) \right)$

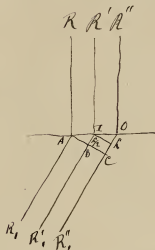
On composant r et r_1 on a d'après notre équation

$$L^2 = 2a^2 + 2a^2 \cos 2\pi \frac{R_2}{\lambda} = 2a^2 - 2a^2 = 0$$

On dit qu'il y a discordance. On peut facilement prouver ceci sur la construction de Fresnel, on y fait $\phi = 0$ et on a porter sur OX et en sens inverse de la précédente longueur ($\phi' = -180^\circ$) une égale longueur on revient donc au point O . $OK = 0$. Le son est nul.

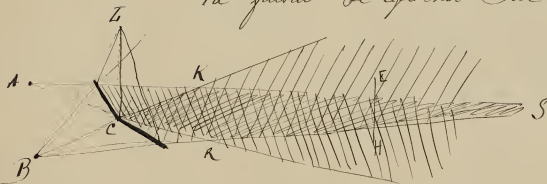
Cette expérience a beaucoup de rapport avec le phénomène des réseaux. Supposons un rayon lumineux $RR'R''$ et observons le à la suite d'une réflexion particulière sur laquelle il est inutile d'insister. Supposons que $CO = L$ et $BE = \frac{\lambda}{2}$.

En prenant individuellement 2 rayons dans chacun des espaces AB et BC séparés l'un de l'autre par une distance égale à AB nous aurons un ensemble de rayons tous discordants et partant de l'obscurité de même que précédemment ou silence.



Arrivons enfin à l'expérience de Fresnel: C'est illustre physicien prenant une source lumineuse. Il la faisait se réfléchir sur deux miroirs dressés

verticalement. Il se produisait 2 images A & B symétriques l'une et l'autre par rapport à chacune



des miroirs. C'était donc comme si l'on eut eu deux sources A & B absolument synchrones, sympathiques, et de même amplitude qui eussent envoyés chacune un ensemble de faisceaux limités par un cône dont le sommet fut l'une des sources et la surface latérale une ligne qui eut glissé sur les bords du miroir producteur de l'image. Il y avait une partie commune $CKRS$ dans laquelle par conséquent pouvaient agir donc sur l'autre les vibrations venues des deux sources.

Or si au moyen d'une lunette que Fresnel construisait pour cette expérience même on explore la partie commune aux deux faisceaux réfléchis en EH par exemple on observe des franges d'interférences. Si au moyen de la lunette et du système micrométrique qu'elle comporte on observe les distances successives des centres de deux franges on constate qu'il y a un intervalle fixe et qu'en particulier sur la direction de la perpendiculaire élevée par le milieu de AB on observe une frange brillante. Si on opère avec de la lumière blanche on n'observe que quelques franges centrales les autres s'écartant au fur & mesure de leur écartement et dégénérant bientôt en un blanc plus ou moins grisâtre. Considérons ce qui se passe quand on opère avec une seule radiation du jaune pour, ni par l'alcool sale par exemple.



Nous avons deux sources A & B isochrones, de même phase initiale qui éclairent un point tel que P .

Comme nous considérons une seule radiation passant une seule période

on voit que la différence de phase des deux rayons éclairant

P est $PB - PA$ ou OB . D'après notre équation ci-dessus quand $OB = 0$ $x^2 = 4A^2$. L'éclairement est quadruple. Quand $OB = \frac{\lambda}{2}$ $x^2 = 0$ l'éclairement est nul. Quand $OB = \frac{3\lambda}{2}$ $x^2 = 4A^2$ l'éclairement.

On a donc des alternatives d'éclairement & d'obscurité qui produisent le phénomène des franges. On voit que là encore l'observation confirme la théorie.

Au lieu de deux miroirs on peut prendre avec le biphisme avec Fresnel ou deux $\frac{1}{2}$ lentilles avec Babinet. En un mot toutes les fois qu'on aura deux sources isochrones & synchrones. Toujours la théorie est ponctuellement vérifiée.

Delepine



Paris 6 Juillet 92

1

Velepine

Procédés & résultats de l'Analyse Spectrale.

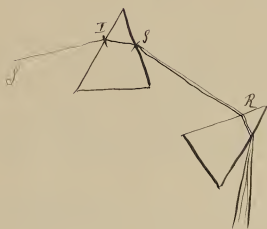
Si l'on reçoit un spectre par forme
par la méthode de Newton sur un écran, on
constate que le spectre n'est pas toujours le
même quand on s'adresse à des sources lumineuses
différentes.

La 1^{re} observation dans ce sens fut faite par
un habile opticien Fraunhofer qui signala dans
le spectre solaire bien préparé une multitude de
petites raies noires plus ou moins larges ou espacées
qu'ils avaient échappé à l'observation de ses hab.
prédécesseurs. Il se mit en devoir de les compter, de
les repérer et de chercher à en découvrir le plus
possible. Ce fut un véritable travail de patience.
Mais l'auteur ne soupçonna pas ^{tout d'abord} l'immense portée
que devaient avoir à bref délai sa découverte et
ses patientes recherches.

Reprise par les savants Kirchhoff et Bunsen, la
découverte de Fraunhofer fit un grand pas et
fut en quelques années amenée à une grande
perfection en même temps qu'ils en découvrirent
la théorie (théorie de l'émission de Kirchhoff, absor-
ption, rapports entre l'émission et l'absorption, égalité
de la puissance émise & absorbante etc.) Mais
ici nous donnerons seulement les procédés, c'est-à-dire
les diverses manières de faire les observations
les divers appareils et enfin les résultats.

Etude du spectre solaire.

On sait qu'un prisme réfracte différemment les diverses couleurs. D'une façon générale (à part les anomalies du genre de celle d'un prisme d'iodostudie par M. Leroux, celles des matières dichroïques et quelques autres) la couleur la plus réfrangible est celle de plus petite longueur d'onde.



Un seul prisme produit une déviation qui atteint son minimum pour $i = r$. Si on prend dans une portion de ce premier Spectre une ou deux, trois lignes ou flancs séparés par des raies, on trouve qu'après une seconde réfraction, il y a plus de raies et partant qu'après cela il se trouvent des raies cachées par la superposition de deux bandes colorées que li'avait pas écartées suffisamment le 1^{er} prisme.

Bunsen & Kirchhoff ont fait construire des Spectroscopes ayant un nombre de prismes assez grand pour que les minima tous ensemble pour prendre ensemble le minimum de déviation et ils obtinrent ainsi une multitude de raies effrayantes. Depuis leurs travaux on a connu eux ont trouvé et catalogué des milliers.

Il y a plus on sait que la portion lumineuse d'un prisme A à H de Fraunhofer est accompagnée d'une partie moins réfrangible calorifique ultra-rouge et d'une partie plus réfrangible actinique ultra-violet qui ont permis de compléter la longueur du spectre. M. Langley de l'Observatoire des Alleghenys, grâce au bolomètre a exploré la région infra-rouge et y a signalé des raies. M. Cornu grâce à la photographie à photogénie l'ultra-violet.

* M. Becquerel par les phénomènes photophosphorescents a fait également de nombreuses observations.

Que signifient ces raies?

Il nous faut tout d'abord étudier quelques Spectres artificiels. Spectres de métaux incandescents. Si on porte une plaque de platine au rouge blanc, ou bien un morceau de craie on obtient un Spectre continu; chaleur, lumière, action chimique s'y trouvent réunies, il est vrai en proportions variables avec la température.

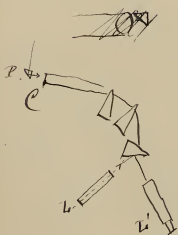
Un gaz incandescent donne le même phénomène.
 Prenons maintenant un gaz, une vapeur quelconque
 que nous interposerons entre le corps éclairant et
 la lunette qui servira à observer le spectre. Alors,
 le phénomène change. Au lieu d'un spectre
 continu nous aurons un spectre dit de bandes ou
 d'absorption: une foule de radiations colorées man-
 quent et celles qui restent s'éloignent le plus
 purulent sur leurs bords pour devenir tout-à-fait
 obscures. Ces spectres ont été observés par Hôles sur nom-
 bres de substances. On les observe commodément en fai-
 sant passer des étincelles d'induction dans des tubes de
 Geissler larges. Les parties étroites ou paisines des
 pôles pouvant donner des spectres brillants ou conti-
 nus par ce que le gaz y est incandescent. Quand
 le tube est large au contraire la couche gazeuse
 est suffisante pour produire l'absorption.

Certaines substances colorées, sang de fer, chloro-
 phylle etc produisent des spectres analogues.

Spectres de métaux volatilisés. Si on observe
 une flamme d'alcool salé, au lieu d'un spectre
 continu on observe seulement trois très brillants
 extrêmement voisins et dans le jaune. D'autres
 métaux mis au bout d'un fil de platine dans la
 flamme d'un bec Bunsen donnent de même un
 petit nombre de raies brillantes. Bunsen & Kirchhoff
 appellent ces raies spectres d'émission.

Afin de pouvoir comparer entre eux les divers
 métaux au point de vue de la place de leurs raies ils
 ont joint leur spectroscope à plusieurs prismes signalés
 plus haut les modifications suivantes:

Sur la face du dernier prisme ils faisaient
 tomber sous l'incidence favorable l'image d'un
 micromètre éclairé par une lampe L. L'éclairage
 de ce micromètre en L' venant se superposer au
 spectre produit et l'on pouvait affecter chaque
 raie d'un chiffre qui permet de la cataloguer.
 C'est ainsi qu'ils publient leurs tables.
 On même temps que le spectre d'émission on peut
 au moyen d'un prisme à réflexion totale P faire
 arriver dans le collimateur une rayon solaire
 et le superposer dans la lunette L' au spectre

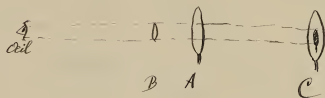


D'émision de métal observé. Ne pûrent donc
 en même temps rapporter les raies d'émision aux
~~les~~ ^{raies} noirs que Fraunhofer avait désigné par
 des lettres. C'est alors qu'on s'est retourné
 si l'on a un spectre d'émision du sodium, que
 celle-ci correspond à la raie V



De Fraunhofer. En ayant examiné
 d'autres métaux métalliques ils constatèrent
 de nouvelles coïncidences et c'est

alors que Kirchhoff donna sa théorie de l'émision.
 Il admit que toutes les raies examinées dans le spectre
 solaire correspondaient à autant de bandes d'absorp-
 tion de métaux en vapeur sur la photosphère solaire.
 Pour le prouver on peut faire l'expérience suivante



en A est une lampe à alcool
 salée en B une autre moins intense.
 On place l'œil de manière à
 voir la projection de B sur A
 on observe le phénomène indiqué en

C. La lumière de B se décalque en noir sur le
 fond de A. C'est donc qu'une lumière telle que
 B est capable d'absorber entièrement une lumière
 identique telle que A. C'est l'expérience du renver-
 sement des raies simplifiée. On observe ce renver-
 sement lorsque on chauffe très fortement certains
 corps amenés à l'incandescence de manière à for-
 mer une vapeur envahissante abondante. Certains
 métaux fournissent des raies spontanément renversables.
 Toutefois le phénomène d'après M. Dulong est graduel.
 On constate par exemple un élargissement dans les par-
 ties centrales qui gagne les raies voisines. On peut
 même souvent voir au centre les bandes d'absorp-
 tion de raies brillantes sur les bords.



Si au lieu d'une lumière simple comme A on prend
 une lumière continue et si on place un spectroscopie
 au lieu de l'œil on verra donc se détacher une
 bande noire correspondant au sodium. Et là
 à conclure que tous les métaux qui donnent des
 raies situés au même endroit dans le spectre que
 les raies solaires sont des métaux qui se trouvent
 dans cet astre, il n'y a qu'un pas. Il a été



étendu aux autres étoiles les plus brillantes. De là, il résulte que le soleil contient la plupart de nos métaux usuels: Fer, Na, Ni, Co, Ca, Ba, etc. H -- La plupart des étoiles contiennent de l'Hydrogène.

Revenons aux spectres émissifs. Bunsen & Kirchhoff nous ont dit cataloguement une multitude de raies. Ils éprouvèrent la sensibilité de la méthode par l'examen de l'air d'une chambre où il aurait fait détoner quelques milligrammes de AlO^3Na dans la partie la plus éloignée du spectroscope. Presque aussitôt la raie D apparut et dura plusieurs heures. Enfin c'est là le plus beau côté de leurs observations, ils parvinrent à découvrir de nouveaux métaux: Li, Cs, Rb.

Ayant en effet examiné une eau minérale ils découvrirent que le résidu donnant au spectroscope des raies ne répondant à aucune de celles qu'ils avaient cataloguées. Ils conclurent à la présence d'un nouvel élément et découvrirent ainsi le Lithium remarquable par une belle raie rouge et une autre bleue. Le Cs donne une raie bleue; le Rubidium une série de raies rouges.

Quelques années plus tard Crookes ayant observé une magnifique raie verte découvrit le thallium. Signalons encore le Gallium de Becquerel et le Niobium de Wiedemann.

On voit combien les conséquences des observations de Fraunhofer ont été fécondes en résultats.

Les bandes d'absorption ont aussi leur utilité pratique: les toxicologues ont mis à profit les propriétés différentes du sang oxygéné, ou carbonique, ou oxy-carboné, ou cyanhydrique pour découvrir la nature des empoisonnements. La méthode est là encore très sensible. En particulier dans le cas du sang oxygéné l'hémoglobine donne deux bandes. Qu'on ajoute du Sulphate d'ammoniaque on verra peu à peu les bandes se rapprocher et se confondre en une seule. Le sang ainsi réduit ne reprend son état normal que très lentement. Si au contraire il s'agit de sang venimeux on voit les deux bandes apparaître

beau coup, plus rapidement.

Enfin le spectre coloré dupliqué par ses bandes nous fait voir quelles sont les couleurs les plus facilement absorbées et partant celles qui sont nécessaires à la végétation. On trouve ainsi que le jaune est celle qui a la plus grande activité.

L'étude de certaines vapeurs telle que l'hypocyanite de l'iode, a montré que si la température croît le spectre change profondément. De nature hypocyante au lieu de bandes larges ^{montes} étroites de l'épais plus étroite. On a dit qu'alors la molécule $HO \cdot HO^2$ se change en HO^2 .

Si on étend la conclusion à l'iode I^2 on en conclut qu'il y a des températures où l'atome d'iode arraché de la molécule peut subsister à l'état libre. Les atomistes se sont emparés de ce fait pour admettre cette conclusion qui cadre admirablement avec les expériences faites par M. Crost et qui démontrent la décoloration de la croûte de vapeur de l'iode.

Nous avons dit que Brewster & Kirchhoff avaient rapporté leurs mesures au spectre solaire. On peut et on fait aujourd'hui autrement. On rapporte toutes les mesures au spectre normal. Toutes les variations sont proportionnelles aux longueurs d'onde.

$$\text{On a. } \sin \delta = \frac{a \cdot b}{c}$$

On supprime ainsi toutes les difficultés qui se produisent lorsqu'on veut passer d'un instrument à un autre. Aussi aujourd'hui toutes les tables de spectres d'émission d'absorption sont elles exprimées en longueurs d'onde; c'est en quelque sorte une mesure absolue.

Ces modifications sur la production de la flamme ont aussi été apportées par M. Crost. Il se sert d'une bobine à très gros fil inducteur et fait éclater l'étincelle à la surface du liq. de a examiner. La dépense de matière est infinie



Delphin

101
102
103

